

青海玉树赵卡隆铁铜多金属矿床 地质特征及成因探讨

李欢¹, 奚小双¹, 吴城明¹, 狄春霞²

(1. 中南大学地质研究所, 湖南长沙 410083; 2. 有色金属华东地质勘查局 805 队, 江苏南京 211500)

[摘要] 赵卡隆铁铜多金属矿床产于三叠纪末期江达弧后裂谷热水沉积盆地中, 具有铁、铜、金、铅锌等多金属矿化。矿体赋存于三叠系巴塘群上部碎屑岩组上岩性段地层中, 严格受地层和岩性控制。各矿(体)群根据矿体分布部位不同划分为若干条矿体。火山喷发活动(安山岩)为成矿提供了物质来源和热源, 同期火山岩具有富铝钠质低钾质特征, 属安山岩类-拉斑玄武岩类, 具有岛弧安山岩特征, 但化学分析数据同时反映其岩浆源深度较大, 具有弧后扩张裂谷带特征。从矿床的产出环境、火山岩的分类、矿体的结构特征、矿石的产出形式来看, 初步认为该矿床属于海底喷流的氧化铁-硫化物型铁铜多金属矿床。

[关键词] 铁铜多金属矿床 裂谷 安山岩 赵卡隆 三江成矿带北段

[中图分类号] P618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2011)03-380-08

Li Huan, Xi Xiao-shuang, Wu Cheng-ming, Di Chun-xia. Geology and metallogenesis of the Zhao-kalong iron-copper-polymetallic ore deposit in Yushu, Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 2011, 47(3): 380-387.

青海玉树赵卡隆矿区位于玉树县巴塘乡相古村南西约 9.5 km, 行政区划隶属玉树县巴塘乡相古村管辖(图 1)。赵卡隆铜多金属矿床是经过多年勘探的矿区, 已发现具有一定的规模, 显示了很好的找矿前景。2002~2006 年青海省有色地质矿产勘查局七队对矿区进行了铁铜铅锌银矿普查, 2007~2008 年在该区开展了详查地质勘查工作, 圈出了 7 条铁铜矿体(带)。矿床的发现和勘探时间虽然较长, 但因矿区海拔较高(平均海拔 4800 m), 自然条件恶劣, 研究工作开展不够, 研究程度相对较低。为了指导矿区的找矿勘探工作能顺利进行, 需要深入研究矿床的成矿地质条件, 认识矿床的成矿规律。为此设立研究项目来开展矿区的成矿地质研究工作, 提高矿区的成矿地质研究程度, 促进矿区的勘探工作取得更大的找矿成果。

1 区域地质概况

赵卡隆铁铜多金属矿床大地构造位置处于羌塘

-昌都地体江达岛弧隆起带北西段之车所-生达地堑中(陈建平等, 2008), 是我国著名的三江成矿带向北延深的部分(图 1)。羌塘-昌都地区晚古生代基本表现为大西洋型稳定陆源环境, 构造、火山、岩浆侵入活动较弱; 晚二叠纪以后, 该段发生活化, 到三叠纪转为太平洋型陆缘, 形成青藏川滇印支期沟-弧-盆体系构造环境。玉树-义敦岛弧带是在早二叠纪开始发生差异性抬升, 中晚三叠纪发育成熟。

区内岩浆活动可分为三期, 即华力西期、印支期及喜马拉雅期。

印支期主要为浅海海底中基性的多旋回喷发, 其岩石主要为安山岩、安山玄武岩类。主要分布于赵卡隆以东、想恩大增一带, 呈层状、似层状及透镜状, 顺层整合产于上三叠世巴塘群上部碎屑岩组(T_3bt^c)地层内, 南部结扎群紫红色碎屑岩组(T_3jz^a)和含煤碎屑岩组(T_3jz^c)地层中亦有少量安山玄武岩分布。赵卡隆铁多金属矿床, 成矿物质来源与该期晚期中性火山喷发活动有关。

[收稿日期] 2010-03-03; [修订日期] 2010-07-16; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(项目编号: 40372099)、西部矿业集团重要科研项目(编号: 20091001)和高等学校博士学科点专项科研基金(编号: 20110162110054)资助。

[第一作者] 李欢(1985年-), 男, 在读博士生, 矿产普查与勘探专业, 主要从事区域矿产普查与成矿预测研究。E-mail: lihuan-1022@163.com。

在区域内,与中基性火山岩、中酸性侵入岩有关的铁、多金属矿产分布普遍,除赵卡隆铁多金属矿床外,其余均为矿点、矿化点、矿化线索。成矿类型主要有火山沉积—改造型(如赵卡隆铜等多金属矿床、档托铅锌矿点、想恩大增铅锌矿点等)和浅成低温热液型矿床(如尼玛郎铜矿点、叶刀铅锌铜矿点),该区是玉树地区主要成矿远景区之一(吕鹏等,2006)。

2 矿区地质特征

矿区地层简单,出露有上三叠系巴塘群(T_3bt)上部碎屑岩组(T_3bt^c)和顶部碳酸盐组(T_3bt^d)及第四系(Q)(见图1)。

上部碎屑岩组(T_3bt^c):按其岩性组合及段系岩性的含矿性划分为上、中、下三个岩性段。

(1) 下岩性段(T_3bt^{c1}):分布矿区北部,与南部上覆碳酸盐组(T_3bt^d)为断层接触。此段岩性为一套中细粒砂岩、粉砂岩、泥质板岩夹层间石英砾岩、含砾鲕状灰岩组成。整体走向为 $120^{\circ} \sim 300^{\circ}$,倾向北东,倾角一般 70° 左右,厚度大于 800m。含砾鲕状灰岩呈脉状产出。此段岩性中未发现铁铜矿化体。

(2) 中岩性段(T_3bt^{c2}):主要分布矿区的西南侧和中南部,相当于前人划分的(T_3bt^{c3-2})岩性段,由一套粉砂岩、粉砂质板岩互层和中细粒长石英砂岩组成。该段岩性以粉砂为主,不论在砂岩、板岩中

均有粉砂的碎屑物,与上覆上岩段(T_3bt^{c3})为整合接触,与顶部碳酸盐组(T_3bt^d)多为断层接触。在中岩性段内,除长石石英砂岩中未发现矿体外,其它岩层中均有铁铜铅锌银矿矿体发现。

(3) 上岩性段(T_3bt^{c3}):出露于矿区中部,呈长条状 NW-SE 向展布,走向 $120^{\circ} \sim 155^{\circ}$,倾向 $30^{\circ} \sim 65^{\circ}$,倾角 $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。岩性由灰岩、安山岩、泥质板岩、炭质板岩、长石石英砂岩、白云岩等组成,具轻度绿泥石化。该段岩性不论是砂岩、灰岩、板岩均含有不等量的海绿石。赵卡隆铁铜多金属矿床就产于是本岩段内。

矿区构造受区域构造的制约,不论是地质体的展布,褶皱、断裂的走向与区域构造线方向一致,多呈北西-南东向分布。

赵卡隆矿床的成矿期是在三叠纪晚期古特提斯和新特提斯交替时期,矿区的构造变形是属于喜山期运动的范围,通过对全区范围内全面的地质调查,发现矿区的断层不是很发育,矿区的构造变形以褶皱为主,地层的形态主要为褶皱所控制。

3 矿床地质特征

该矿床是以铁、铜为主的多金属矿床,除主元素铁、铜外,还有能综合利用的共(伴)生铅、锌、银、金等有色金属和贵金属元素。矿体赋存于三叠系巴塘群上部碎屑岩组上岩性段(T_3bt^{c3})地层中,严格受地

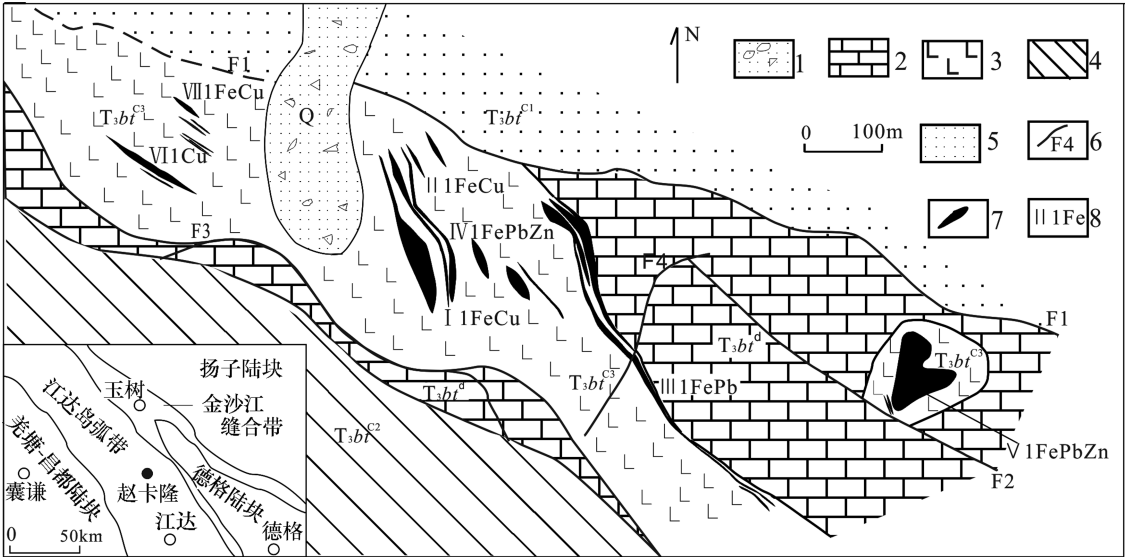


图 1 赵卡隆矿区地质图

Fig. 1 Geological map of the Zhaokalong deposit

1-第四系;2-碳酸盐组;3-碎屑岩组上岩性段;4-碎屑岩组中岩性段;5-碎屑岩组下岩性段;6-断层;7-矿体;8-矿体编号
1-Quaternary;2-carbonate group;3-upper lithologic member of clastic rock group;4-middle lithologic member of clastic rock group;
5-lower lithologic member of clastic rock group;6-fault;7-ore body;8-ore body and its serial number

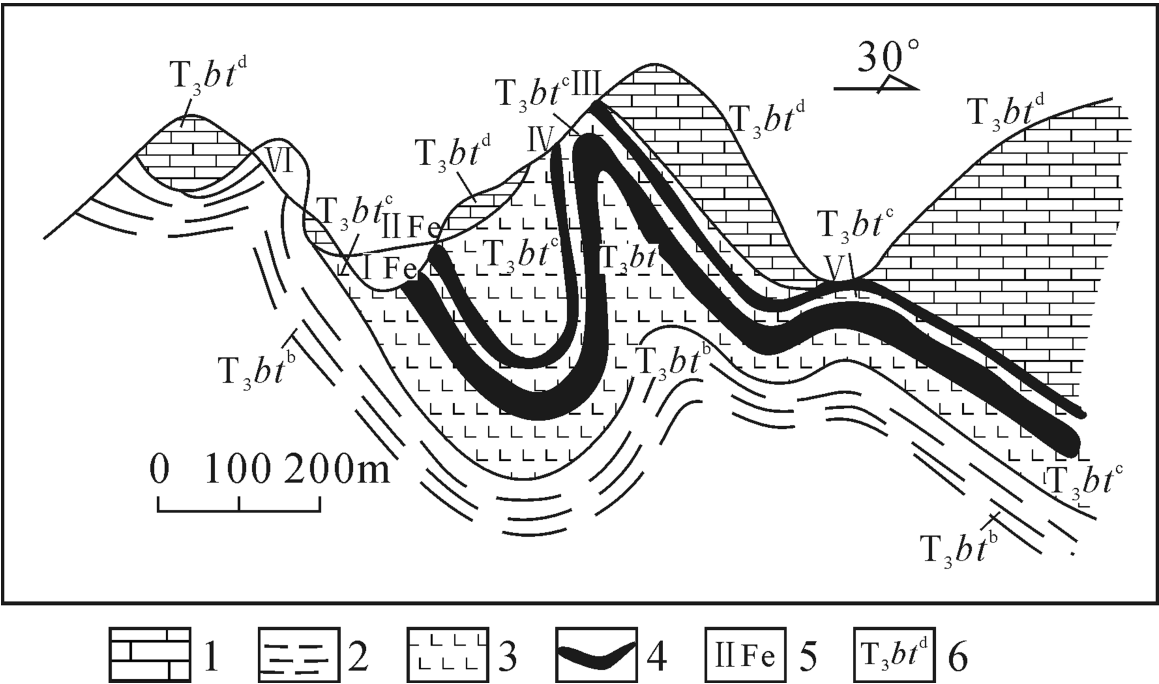


图2 矿区成矿地质剖面示意图

Fig. 2 Schematic geological profile of mineralization

1-灰岩;2-砂板岩;3-火山碎屑岩;4-矿层;5-矿体号;6-地层代号(T_3bt^b 、 T_3bt^c 和 T_3bt^d 分别代表上三叠系巴塘群下部碎屑岩组、上部碎屑岩组和顶部碳酸盐岩组)

1-limestone;2-sandstone and slate;3-volcanic rock;4-seam;5-ore body number;6-Formation code(T_3bt^b 、 T_3bt^c and T_3bt^d represent lower clastic rock group, upper clastic rock group and top carbonate rock group respectively)

层和岩性控制。含矿带走向长约2000余米,水平宽度200~800m,倾斜延深大于700m。根据矿(化)体分布特点,划分为三个矿化带、七个矿(体)群。其中以分布于矿区中部的I、II、III矿群规模最大(图1、图2)。各矿(体)群中根据矿体分布部位不同划分为若干条矿体。按矿石不同共生矿产元素组合类型,每一矿体又划分为铁矿体、铜矿体、铁铜矿体、铁铅锌矿体、铁铅矿体、铁锌矿体、铅矿体、锌矿体等。

剖面中地层与矿层呈褶皱构造分布在矿区中(图2),矿层是因为发生了强烈的褶皱变形,才变成矿区分布的多个矿体的型式。剖面中矿层的形态是根据褶皱形态连接的,显然矿区中影响矿体构造的主要是褶皱变形。所以矿层基本上是保持连续的,而不是被断层错开成为多个矿体的。

从整个矿化带看,矿化元素从下至上由CuAu-FeCuAu-Fe-FePbZnAg-PbZnAg的组合分带现象。而在同一矿带中,上述矿化元素也略显分带趋势,即铜金矿化一般产于铁矿体中下部,而铅锌银矿化产于铁矿体的中上部。

矿石以不均匀细粒—微细粒自形、半自形、他形

结构为主,以浸染状构造、细脉—网脉状构造为主。常见硅化、菱铁矿化、铁白云石化、重晶石化蚀变。矿石矿物主要为菱铁矿、磁铁矿、赤铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、褐铁矿等,脉石矿物主要为石英、方解石、重晶石等。闪锌矿方铅矿矿石和方铅矿菱铁矿矿石中常见由铅、锌矿物和黄铁矿集合体分别组成条带状、具微层理构造。菱铁矿矿石和方铅矿菱铁矿矿石中常见黄铁矿呈显微莓群集合体,被方铅矿、黝铜矿所交代,且菱铁矿、赤铁矿常具鲕状构造。黄铜矿呈团块状、细脉状,表现改造期的热液交代组构。

矿区围岩蚀变种类主要有钠长石化、绢云母化、绿泥石化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、重晶石化等。其中:硅化、碳酸盐化、钠长石化、绿泥石化、重晶石化与矿化关系较为密切。

4 火山岩地球化学特征

矿区缺侵入岩,只有晚三叠世海相中基性火山喷发(溢)活动,以中性熔岩为主,岩性为安山岩。呈层状、似层状或透镜状顺层整合产出,按其产出部位可划分上、下二部安山岩带,分别代表着二次火山

喷发(溢)期次。二次安山岩的岩石物质组成、结构构造基本相同,只是产出部位不同,说明是同一岩浆源、同一喷发(溢)活动在不同时间的具体表现。

矿区各层安山岩岩性特征基本一致,呈灰绿、暗绿色或紫红色,有时出现斑晶,斑状结构,斑晶粒径 1~2mm,含量不稳定,可以达到 20%。块状构造。岩石由斑晶和基质组成。斑晶主要为斜长石,少量的角闪石,斜长石斑晶形态呈碎裂状、阶梯状、棱角状、少量具熔蚀现象。角闪石斑晶形态呈聚斑状,被绿泥石所交代,保留其外形,往往在斑晶周围形成一圈磁铁矿暗化边。基质主要由斜长石微晶、泥钙铁质和玻璃质组成,为细晶粒状结构,少量具长条状结构,含量达 60%~75%。

火山角砾岩中角砾为灰绿色火山岩,棱角状,角砾直径达到 5cm 以上,大小悬殊,胶结物是紫红色火山岩。喷流岩系列中,硅质岩为浅灰黑色,致密结构。菱铁矿为黄白色,致密或细晶结构。氧化铁为深灰黑色,粒状结构,块状构造,磁铁矿为主,少量赤铁矿。

火山岩硅酸岩化学全分析和微量元素分析由青海省有色地质矿产勘查局七队完成,测试结果含量及扎氏数值见表 1、表 2 和表 3。

从表中看出,上、中部安山岩应属于基性-中性火山岩的范畴,除 G_{s6}、G_{s9} 两个样属正常成分岩石外,其余 7 个样均属于铝过饱和岩石。经扎氏计算和作图证明(见图 3),碱性面内 G_{s5}、G_{s6}、G_{s9} 位于安山岩位置,其余 6 个样均位于安山岩—安山玄武岩和玄武岩位置,属亚碱性系列。钙碱面内,除 G_{s5}、G_{s6}、G_{s8} 三个样外,向量线均很陡,表明 Na₂O 很高。岩石暗色矿物多,而富含镁、碱性长石多,为富铝钠质低钾岩石(图 3c,3e,3f)。除 G_{s1}、G_{s4} 因含 Fe₂O₃ 稍高,而位于玄武岩区内及边缘外,其余样品均位于安山岩区及边缘附近(图 3b,3c),总的岩石类型属安山岩类—岛弧拉斑玄武岩类。岩石 TiO₂ (0.51~0.67×10⁻²)<1×10⁻², Al₂O₃ (13.02~17.56×10⁻²) 高, K₂O+Na₂O (3.76~8.15×10⁻²) 高,具岛弧安山岩及岩浆源深度较大特征。

表 1 岩石化学分析表^①(据青海有色七队,2009)

Table 1 Chemical compositions of rock analysis ^① (after Seventh Non-ferrous Geological Team of Qinghai,2009)																
岩石编号	采样部位	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O	S	合计
(GS1)	上部	52.32	0.51	13.45	6.67	6.19	0.05	4.54	2.32	4.40	0.40	0.13	5.58	3.79	0.01	100.36
(GS6)	安山岩	53.54	0.65	16.40	3.15	3.10	0.18	1.60	6.69	2.12	4.20	0.14	4.96	3.63	0.05	100.41
(GS2)	下部	56.11	0.63	16.83	3.59	9.32	0.04	1.82	0.72	5.89	0.32	0.12	0.43	3.64	0.06	99.52
(GS3)	安山岩	58.30	0.62	15.94	3.71	7.29	0.06	2.71	1.00	5.45	0.36	0.17	0.64	3.24	0.01	99.50
(GS4)		53.09	0.50	13.02	6.46	11.64	0.28	2.95	1.33	3.62	0.14	0.16	2.16	4.21	0.08	99.64
(GS5)		56.11	0.67	17.56	3.94	2.85	0.11	2.03	2.65	3.59	4.15	0.16	3.34	3.08	0.02	100.26
(GS7)		56.99	0.55	15.43	5.94	5.15	0.09	2.11	1.20	4.60	2.25	0.13	2.84	2.90	0.04	100.22
(GS8)		50.22	0.59	15.26	2.41	9.99	0.14	2.07	0.93	2.51	5.64	0.14	7.64	2.40	0.03	99.97
(GS9)		55.59	0.58	14.00	5.11	5.40	0.16	2.62	3.39	5.25	0.60	0.14	5.12	2.67	0.04	100.67

表 2 扎氏岩石分类计算结果表

Table 2 Calculations of Zavaritski rock in classification												
岩石名称及编号		a	C	b	s	F''	M'	C''	a'	Q	n	a/c
(GS1)	上部	10.88	2.99	22.68	63.45	54.30	35.90		9.79	2.15	94.35	3.64
(GS6)	安山岩	12.11	6.31	12.45	69.13	52.53	24.50	22.97		7.73	43.41	1.92
(GS2)	下部	13.30	0.87	22.16	63.67	53.39	13.77		32.84	−0.13	96.55	15.29
(GS3)	安山岩	12.32	1.20	20.78	65.70	48.03	21.72		30.25	5.56	95.84	10.27
(GS4)		8.31	1.65	28.30	61.74	60.45	17.93		21.62	5.21	97.51	5.04
(GS5)		14.77	3.42	13.54	68.27	48.42	26.93		24.65	3.58	56.79	4.32
(GS7)		13.66	1.49	18.33	66.52	55.93	19.87		24.20	4.23	75.65	9.17
(GS8)		14.88	1.23	21.34	62.54	59.41	17.83		22.76	−5.90	40.34	12.10
(GS9)		13.18	3.35	15.96	67.51	64.10	29.47	6.43		5.31	93.00	3.93

表 3 安山岩微量元素平均含量表^①(据青海有色七队,2009)

Table 3 Average content of trace elements in andesite ^① (after Seventh Non-ferrous Geological Team of Qinghai,2009)												
岩石名称	样品个数	微量元素含量(ω)×10 ⁻⁶										
		Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	V	Ga	Ti	Ba	Sr
上部安山岩	2	70	75	150	50	32	12	150	28	1250	660	100
下部安山岩	7	70	40	150	55	27	13	173	27	3929	643	100

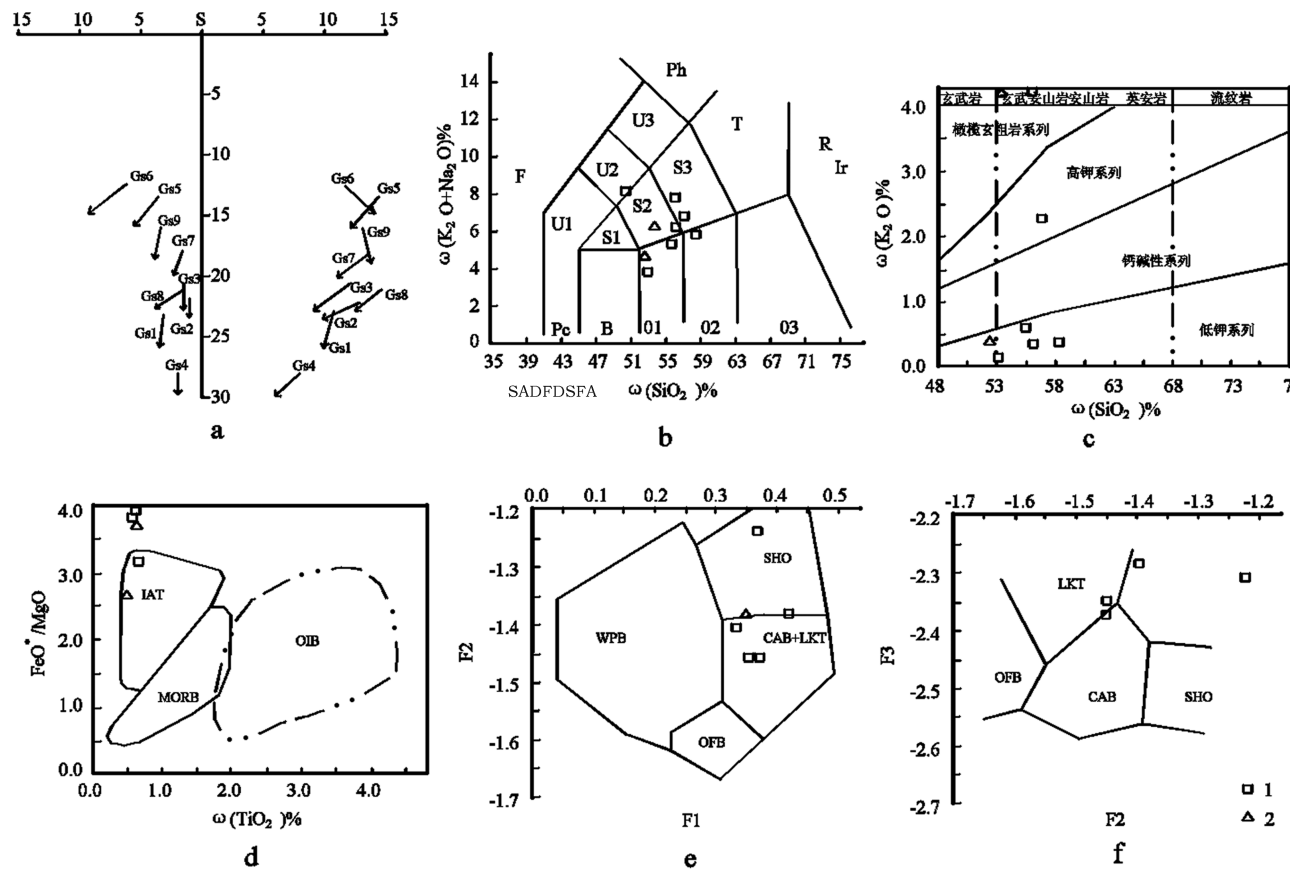


图 3 赵卡隆矿区火山岩岩石化学图解

Fig. 3 Lithogeochemical diagram of volcanic rocks from the Zhaokalong ore district

1-下部安山岩;2-上部安山岩;a-安山岩扎氏图解;b-TAS图;R-碱性系列;Ir-亚碱性系列(据 Irvine and Baragar,1971);c-SiO₂-K₂O图(据 Le Bas M J 等,1986);d-FeO*/MgO-TiO₂图;MORB-洋中脊拉斑玄武岩;IAT-岛弧拉斑玄武岩;OIB-洋岛玄武岩(据 Glassey,1974);e-F₁-F₂图;WPB-板内玄武岩;LKT-低钾拉斑玄武岩(岛弧拉斑玄武岩);CAB-钙碱性(高铝)玄武岩;CHO-钾玄武岩;f-F₂-F₃图;OFB-洋底(洋中脊)玄武岩(据 J. A. Pearce,1976)

1-lower andesite;2-upper andesite;a-Zavaritski rock calculation method diagram of andesite;b-TAS diagram;R-alkalic series;Ir-subalkalic series (after Irvine and Baragar,1971);c-SiO₂-K₂O diagram (after Le Bas M J *et al.*, 1986);d-FeO*/MgO-TiO₂ diagram;MORB-mid oceanic ridge tholeiite,IAT-island-arc tholeiite,OIB-oceanic island basalt(after Glassey,1974);e-F₁-F₂ diagram;WPB-internal plate basalt;LKT-hypokalemia tholeiite (island-arc tholeiite);CAB-calc-alkaline(alumina) basalt;CHO-shoshonite;f-F₂-F₃ diagram;OFB-ocean floor (mid-ocean ridge) basalts(after J. A. Pearce,1976)

从安山岩微量元素平均含量来看,Cu、Pb、Zn 的含量较高,暗示火山岩与成矿关系密切;高 Ba、Ti 含量显示喷流沉积作用的存在。

综上所述,上、中部安山岩的矿物成份相同,化

学成份相近(表 1),主要成矿元素,微量元素及含量区别不大(表 3),但其微量元素含量高于当地背景值,下部安山岩成为 I 矿体的近矿围岩,上部安山岩成为Ⅲ矿体的底板围岩;以此认为矿床的形成物质

来源与该二次中基性火山喷发有关。

5 矿床成因讨论

5.1 区域成矿背景分析

三江成矿带北段是特提斯多岛洋盆的区域构造环境,经历了复杂的构造演化过程,总体上经历俯冲岛弧活动,弧后盆地扩张,弧陆间碰撞造山,以及造山后伸展的演化过程。在这一次演化过程的不同阶段都发生了不同程度的成矿活动,形成了众多的矿床。关于赵卡隆矿床的成矿构造背景,潘桂棠等认为是形成于造山后伸展的成矿系统,具有浅水环境中火山-沉积-热水成矿作用(潘桂棠等,1997)。

候增谦等认为赵卡隆为菱铁矿型铁银多金属矿,矿床产在赵卡隆-加多岭上叠火山沉积盆地北西端的次级凹陷中(候增谦等,2002),主要与火山喷流热液活动有关,应属于产于火山序列中的与火山活动有关的热液喷流型矿床,矿体主要成层状、似层状和透镜状,明显受层位控制,顺层产出,产状与围岩一致,铜锌铅主要与菱铁矿密切伴生,严格局限在菱铁矿矿层之内菱铁矿与围岩呈交错渐变的过渡关系,矿体中可见与地层产状一致的微细层理、纹层构造,黄铁矿等形成的条带构造及显微莓球构造发育,具有十分明显的沉积特征(杨合群等,2000;郭周平等,2010)。含矿层之上发育一套厚层碳酸盐,但基本不含矿,成矿主要发生在盆地构造-岩浆相对活跃到相对宁静的阶段,与火山旋回间歇期热水活动有关(王登红等,2001;叶杰等,2002;安伟等,2003)。矿床形成于晚三叠世,但受后期构造改造强烈。

矿床产于伸展构造带中,地层和火山岩的性质是区域构造环境的重要表现,安山岩类-岛弧拉斑玄武岩类,碎屑沉积岩,大理岩和喷流岩的组合,它们是反映裂谷构造和成矿活动的基本地质条件。在区域上结扎群属于稳定型沉积,是一套稳定的滨海浅海相的碎屑岩和碳酸盐岩地层,夹少量火山岩;巴塘群属于活动型沉积,是一套岩性岩相变化很大的碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩。结扎群与巴塘群是分布在羌塘-昌都地块北缘的地层带,结扎群在巴塘群的南东部,靠近陆地边缘,巴塘群则靠近盆地中心,它们之间是区域上的相变关系。晚三叠世在羌塘-昌都地块北缘形成一个裂陷带,沉积了结扎群和巴塘群,关于裂陷带的成因,是中生代特提斯构造

域的多岛洋盆活动的一部分,成矿裂谷带具有弧后运动性质,矿区区域地质现象具有相应的特征。巴塘群靠近裂陷带中心,火山活动发育,同时来自于北部造山带的沉积物源导致岩性复杂多变。

因为赵卡隆矿区是整合的层状矿床,矿床类型与地层和火山岩性质密切相关,因此研究矿区区域地层的特征、分布和环境是非常重要的内容。赵卡隆矿区处在江达岛弧带上,但是由地层显示的成矿期是在古特提斯岛弧带活动之后的后造山阶段,因此不是典型的岛弧成矿性质,而是裂谷带成矿性质。从所处的三江带区域环境来分析,这里是多种构造环境的叠加,如造山后伸展,弧后伸展,被动陆缘的伸展等,因为三江带是多岛洋盆,晚三叠世是古-新特提斯的转换期,一方面是老洋盆俯冲闭合,发生碰撞,另一方面是新洋盆打开,新洋盆是处在老洋盆俯冲的弧后位置,这种区域构造环境就是多种作用的汇集。

5.2 矿床成因的初步认识

火山喷发沉积期:三叠纪末期处于江达弧后热水沉积盆地,海底中性火山岩喷发前及其的间歇期,在残余火山和异常地热的作用下,下渗海水受热循环,不断溶解围岩和深部岩体中的成矿物质,与火山气液及其带来的矿质混合,形成含矿热卤水,进入海盆地,在氧化-还原经常发生变化的水岩界面上,由于温压降低,矿物质沉淀,形成层状铁、铜、铅、锌、银矿体。火山喷发活动(安山岩)为成矿提供了物质来源和热源。安山岩微量元素中的成矿元素含量很高,且高于当地背景值。Ba的含量高,可达0.064%以上,此外含矿层中和菱铁矿体中普遍含Mn,出现Fe、Mn共生现象,表明了成矿与火山喷发活动有密切关系。与矿床相伴的火山岩为富铁质的中-基性岩火山岩,矿床形成于浅海环境,碳酸盐岩和杂色岩系发育,氧逸度较高,铁以氧化铁(赤铁矿)和碳酸盐(菱铁矿)形式产出,与祁连山镜铁山铁铜矿床(刘华山等,1998)、云南勐腊新等矿床(周涛发等,1999;徐卫东等,2005;许德如等,2008;)可以对比,属于姜福芝(姜福芝等,2005)提出的氧化铁-硫化物型矿床(Taylor, D, 2001; Sillitoe, 2003; Weihed P *et al*, 2005; Pollard, 2006;)。综上所述,初步认为该矿床属于海底喷流型铁铜多金属矿床。

6 结论

赵卡隆铁铜多金属矿床区域地质运动性质,是

中生代特提斯构造域的多岛洋盆活动的一部分,成矿裂谷带具有弧后运动性质。赵卡隆铁铜多金属矿床形成于晚三叠世在羌塘-昌都地块北缘江达岛弧带中的裂陷带,与矿床相伴的火山岩为富铁质的中-基性岩火山岩,富铝钠质低钾质,具有岛弧安山岩及岩浆源深度较大特征。从矿床的产出环境、矿体的结构特征、矿种的特点、矿石的产出形式来看,初步认为该矿床属于海底喷流的氧化铁-硫化物型铁铜多金属矿床。

[注释]

① 杨武德,张代斌,曹守林. 2009. 青海省玉树县赵卡隆铁铜多金属矿详查报告(青海省有色地质矿产勘查局七队,青海诺贝尔矿业有限公司)

[References]

An Wei, Cao Zhi-min, Zheng Jian-bin, Liu Ji, Chen Min. 2003. The developments of study on ancient and modern volcanogenic massive sulfide deposit[J]. Advance in Earth Sciences, 18(5): 773-782(in Chinese with English abstract)

Chen Jian-ping, Tang Ju-xing, Fu Xiao-fang, Wang Ming-jie. 2008. Study on metallogenic regularity and metallogenic prediction of middle part of Sanjiang River, Southwestern China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 70-76(in Chinese with English abstract)

Glassiey, W. 1974. Geochemistry and tectonics of grescent volcanic rocks, Olympic Peninsula, Washington[J]. Geol. Soc. An. Bull. , 85: 785-794

Guo Zhou-ping, Li Wen-yuan, Jia Qun-zi, Gao Yong-bao. 2010. A contrastive study on the geological and geochemical characteristics of cyprus-type copper deposits in North Qilian Mountain, China[J]. Geology and Exploration, 46(1): 76-84(in Chinese with English abstract)

Hou Zeng-qian, Yang Yue-qing. 2002. Arc collision orogeny and metallogenic system in YiDun, Sanjiang[M]. Beijing: Geological Publishing House, 67-142(in Chinese with English abstract)

Irvine T N, Baragar W R A. 1971. A guide to the chemical classification of the common rocks[J]. Can. J. Earth Sci. , 8: 523-548

Jiang Fu-zhi, Wang Yu-wang. 2005. Marine volcanic rocks and metal deposits[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 120-128(in Chinese with English abstract)

Le Bas M J, Le Maiter R W, St reckeisen A. 1986. Achemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram [J]. Journal of Petrology, 27(3): 745-750

Liu Hua-shan, Li Qiu-lin, Yu Pu-sheng, Wu Jie-ren. 1998. Geological characteristics and genesis of the Jingtieshan type iron copper deposits[J]. Mineral Deposits, 17(1): 25-35(in Chinese with English abstract)

Lu Peng, Chen Jian-ping, Zhang Lu-suo, Zhu Peng-fei, Zeng Min. 2006. Quantitative prediction and evalution of regional resource potential in the northern Three-River area of southwest China base on ore depos-

it scale model [J]. Geology and Prospecting, 42(5): 66-71(in Chinese with English abstract)

Pan Gui-tang, Chen Zhi-liang, Li Xing-zhen, Yan Yang-ji, Xu Xiao-song, Xu Qiang, Jiang Xin-sheng, Wu Ying-lin, Luo Jian-ning, Zhu Tong-xing, Peng Yong-ming. 1997. Geological tectonic evolution in the Eastern Tethys[M]. Beijing: Geological Publishing House, 28-116(in Chinese with English abstract)

Pearce. J. A. 1976. Statistical analysis of major element patters in basalts [J]. J. Petro. , 17: 15-43

Peter J. Pollard. 2006. An intrusion-related origin for Cu-Au mineralization in iron oxide-copper-gold(IOCG) provinces[J]. Mineralium Deposita, 41(2): 17-29

Richard H. Sillitoe. 2003. Iron oxide-copper-gold deposits; an Andean view[J]. Mineralium Deposita, 38(7): 219-228

Taylor. D, Dalstra. HJ, Harding. AE, Broadbent, GC. Barley. 2001. Genesis of high-grade hematite orebodies of the Hamerley Province[J]. Western Australia. Econ Geol, 96: 837-873

Wang Deng-hong, Chen Yu-chuan. 2001. A preliminary study on the metallogenic series type of Fe-Cu-Ph-Zn ore deposits related to submarine volcanism and its origin[J]. Mineral Deposits, (2): 112-119(in Chinese with English abstract)

Weihed P, Arnde N, Billstr m K, Duchesne J C, Eilu P, MartinssonO, Papunen H, Lathinen R. 2005. Precambrian geodynamics and ore formation; the Fennoscandian shield[J]. Ore Geology Reviews, 27: 273-322

Xu De-ru, Wang Li, Xiao Yong, Liu Zhao-lu, Fu Qi-ji, Cai Zhou-rong, Huang Ju-rui. 2008. A preliminary discussion on metallogenic model for Shilu-type ironoxide-copper-gold-cobalt ore deposit[J]. Mineral Deposits, 27(6): 681-692(in Chinese with English abstract)

Xu Wei-dong. 2005. The comprehensive geological signatures and regional geological prospecting of Huashugou Fe-Cu deposit[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 20(supp.): 117-189(in Chinese with English abstract)

Yang he-qun, Li wen-yuan, Zhao dong-hong. 2000. Metallogenic feature of shijuligou copper deposits in northern Qilian muntain[J]. Geology and Exploration, 36(6): 20-31(in Chinese with English abstract)

Ye Jie, Liu Jian-ming, Zhang An-li, Zhang Rui-bin. 2002. Petrological evidence for exhalative mineralization; case studies of Huanggang and Dajing deposits in the the southern segment of the Da Hinggan Mountains, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 18(4): 585-592(in Chinese with English abstract)

Zhou Tao-fa, Yue Shu-cang. 1999. Geochemistry and metallogenesis of the Huashugou copper(iron) deposit in the northern Qilian mountain [J]. Geology and Prospecting, 35(3): 24-29(in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

安 伟,曹志敏,郑建斌,刘 激,陈 敏. 2003. 古代与现代火山成因块状硫化物矿床研究进展[J]. 地球科学进展, 18(5): 773-782

陈建平,唐菊兴,付小芳,汪名杰. 2008. 西南三江中段成矿规律与成矿预测研究[M]. 北京:地质出版社, 70-76

侯增谦,杨岳清. 2002. 三江义敦岛弧碰撞造山过程与成矿系统[M]. 北京:地质出版社:67-142

郭周平,李文渊,贾群子,宋忠宝,高永宝. 2010. 北祁连塞浦路斯型铜矿床地质地球化学特征对比研究[J]. 地质与勘探,46(1):76-84

姜福芝,王玉往. 2005. 海相火山岩与金属矿床[M]. 北京:冶金工业出版社:120-128

刘华山,李秋林,于浦生,邬介人. 1998. “镜铁山式”铁铜矿床地质特征及其成因探讨[J]. 矿床地质,17(1):25-35

吕 鹏,陈建平,张路锁,朱鹏飞,曾 敏. 2006. 基于矿床规模模型的西南三江北段区域资源潜力定量预测与评价[J]. 地质与勘探,42(5):66-71

潘桂棠,陈智梁,李兴振,颜仰基,许效松,徐 强,江新胜,吴应林,罗建宁,朱同兴,彭勇民. 1997. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京:地质出版社:28-116

王登红,陈毓川. 2001. 与海相火山作用有关的铁-铜-铅-锌矿床成矿系列类型及成因初探[J]. 矿床地质,(2):112-119

许德如,王 力,肖 勇,刘朝露,符启基,蔡周荣,黄居锐. 2008. “石碌式”铁氧化物-铜(金)-钴矿床成矿模式初探[J]. 矿床地质,27(6):681-692

徐卫东. 2005. 桦树沟铁铜矿床地质特征[J]. 地质找矿论丛,20(增刊):117-189

杨合群,李文渊,赵东宏. 2000. 北祁连山石居里沟富铜矿床成矿特征[J]. 地质与勘探,36(6):20-31

叶杰,刘建明,张安生,张瑞斌. 2002. 沉积喷流型矿化的岩石学证据-以大兴安岭南段黄岗和大井矿床为例[J]. 岩石学报,18(4):585-592

周涛发,岳书仓. 1999. 北祁连桦树沟(铁)铜矿床地球化学特征及成因[J]. 地质与勘探,35(3):24-29

Geology and Metallogensis of the Zhaokalong Iron-Copper-Polymetallic
Ore Deposit in Yushu, Qinghai Province

LI Huan¹, XI Xiao-shuang¹, WU Cheng-ming¹, Di Chun-xia²

(1. Institute of Geology, Central South University, Changsha, Hubei 410083; 2. Team 805 of ECE, Nanjing, Jiangsu 211500)

Abstract: The Zhaokalong iron-copper-polymetallic deposit was produced in the back-arc rift sedimentary basin during the late Triassic, with mineralization of iron, copper, gold, lead, zinc and other metallic ores. Ore bodies lie in the clastic rock of the upper Batang Group of Triassic, strictly controlled by the stratigraphy and lithology. The ore (body) group is divided into several different belts according to the ore body distribution. Volcanic eruptions (andesite) provided the material sources and heat for the mineralization. Volcanic rocks in the same period have the characteristics of high Al-Na and low K, and belong to the andesite-tholeiite type. It has the characteristics of island arc andesite, but the chemical analysis of the data reveals the greater depth of magma source, implying that it was also associated with a back-arc spreading rift zone. According to the generation environment of the deposit, the classification of volcanic rocks, structural characteristics of ore bodies and the ore occurrence form, it can be preliminarily concluded that this deposit is an iron oxide-sulfide iron-copper-polymetallic deposit related to seafloor exhalation.

Key words: iron-copper-polymetallic deposit, rift, andesite, Zhaokalong, north part of the Sanjiang metallogenic region